

デジタルカメラ技術の現状と展望

2011年6月27日

京都産業大学 コンピュータ理工学部

蚊野 浩

2011年3月号

昭和29年11月25日 第三種郵便物認可 平成23年3月1日発行 (毎月1回1日発行) ISSN 1342-6907

映像情報メディア学会誌

The Journal of The Institute of Image Information and Television Engineers

VOL.65 NO.3 2011

- 小特集
時代の最先端を行くデジタルカメラ技術
最近のデジタルカメラは、画質向上のみならず、さまざまな最新機能を取り込みながら進化している。本小特集では、そのようなデジタルカメラ技術の広がりを実用化事例により紹介する。
- 論文小特集
イメージセンシング技術とその応用
- 特別寄稿：イメージセンサの世界における日本～日本が果たしてきた役割と歴史から学ぶこと～
- 研究動向：次世代映像符号化 (HEVC) の標準化動向



www.ite.or.jp



3

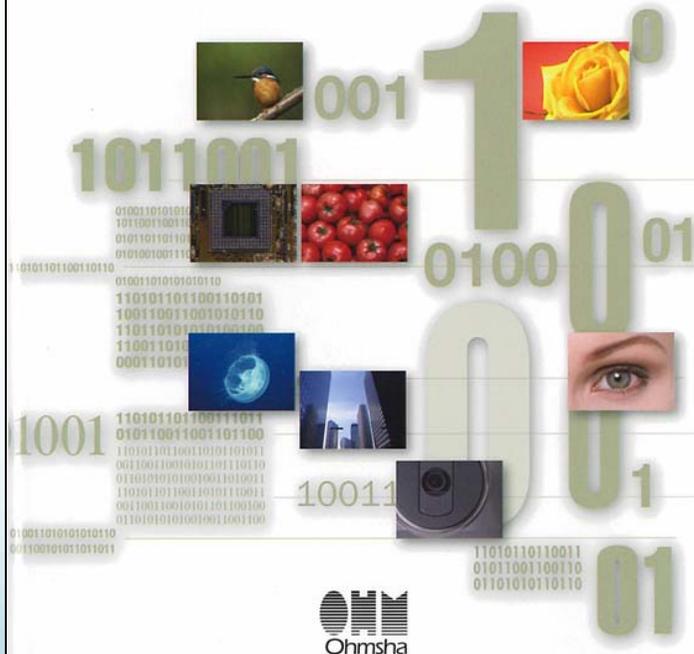
MTM=Mind Time Machine (メディアアート紀行より)
© Takashi Ohmura / Courtesy of the Yamaguchi Center for Arts and Media (YCAM) / Photo: Kenshu Shintzudo

社団法人 映像情報メディア学会 The Institute of Image Information and Television Engineers

2011年4月末発刊

デジカメの 画像処理

蚊野 浩 監修 / 映像情報メディア学会 編



OHM
Ohmsha

映像情報メディア学会誌2011年3月号

小特集:時代の最先端を行くデジタルカメラ技術(1/2)

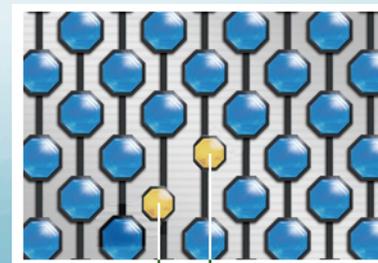
- デジタルカメラ技術の現在・過去・未来
蚊野浩(京都産業大学)
- 小型・高画質・高機能を実現するミラーレス一眼カメラ
岡本充義 氏(パナソニック)
- ネットワーク親和性の高い新世代カメラに見られる技術
中村史朗 氏、西出果 氏(三洋電機)
- デジタルカメラ内蔵式プロジェクターの光学技術
相川敏哉 氏(ニコン)



映像情報メディア学会誌2011年3月号

小特集:時代の最先端を行くデジタルカメラ技術(2/2)

- ユニット交換式カメラシステム
 - 牧孝史 氏他(リコー)
- デジカメにも3Dがやってきた～3Dデジカメの開発～
 - 鶴川雅章 氏他(富士フィルム)
- 「位相差画素内蔵撮像センサ」による高速AF
 - 遠藤浩 氏(富士フィルム)
- RAW現像で広がる写真の撮影と可能性
 - 市川芳邦 氏、本郷義太加 氏(市川ラボラトリー)



各製品の画像は、リコー、富士フィルムのWebサイトから転載

位相差画素

デジカメの画像処理

- 1章: デジカメのしくみ 蚊野浩
- 2章: 基本的なデジカメ画像処理 蚊野浩
- 3章: 人物画像の処理 川出雅人氏(オムロン)
- 4章: 物体追跡 藤吉弘亘(中部大)
- 5章: 画像処理によるぼけ・ぶれ補正とその測定・評価
西一樹(電通大)
- 6章: 視覚特性を考慮した画像処理 富永昌治(千葉大)
- 7章: コンピュータショナルフォトグラフィ 日浦慎作(広市大)

デジタルカメラを俯瞰する

デジタルカメラのルーツ



電子スチルカメラ

1981年
ソニー
マビカ

1988年キヤノン QPICなど



1)

絶滅

デジカメ

カメラ応用商品

デジタルビデオカメラ

携帯電話カメラ

Webカメラ

1. カメラ技術はデジカメ的なものに収斂
2. ネットワークや通信と結びついて用途を拡大

1988年世界初のデジカメ
FUJIX DS-1P



2)

2MbitのSRAMカードに
フレーム画像を
5枚記録できた

1995年(デジカメ元年)
カシオQV-10



3)

25万画素CCD
2MBフラッシュ
320×240の画像を96枚記録
1.6インチ液晶モニター付き

2010年 例えばソニー
ミラーレス一眼 NEX-5



4)

1420万画素CMOS
32GBメモ리카ード
4592×3056の画像を7172枚記録
3.0インチ液晶モニター付き

デジカメのティアダウン



<http://techon.nikkeibp.co.jp/article/NEWS/20090215/165679/>から転載

ティアダウン: 実製品を細部の部品まで分解し、技術力やコストについて比較分析し、コストダウンを図る手法。

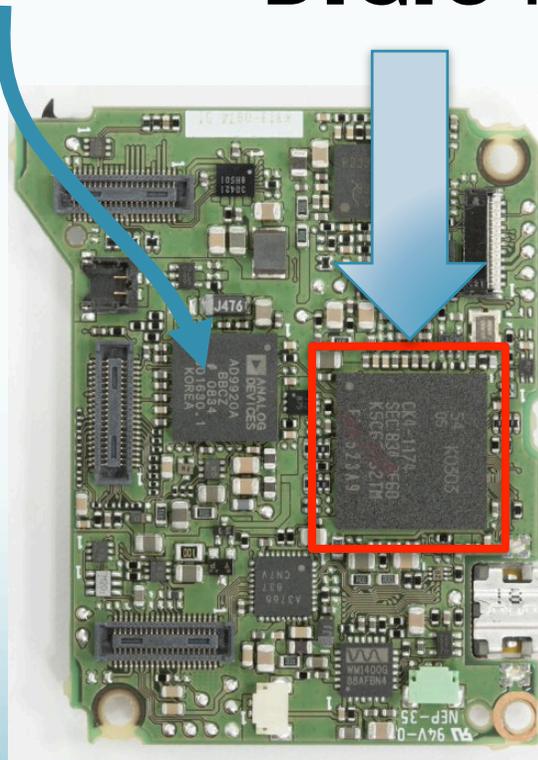
IXY 920ISのメイン基板

キャノンの
画像処理エンジン

DIGIC4

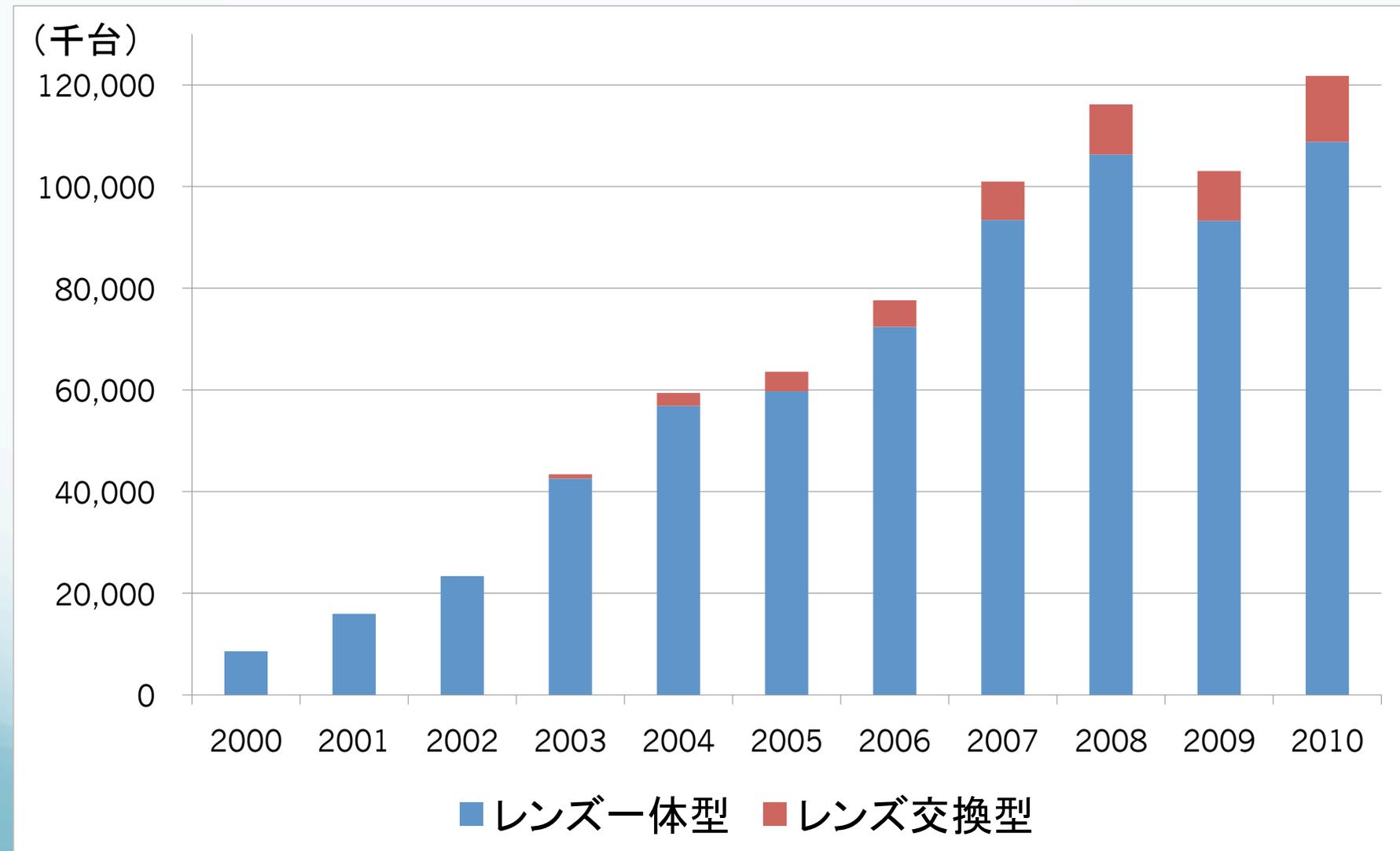
CCD信号処理プロセッサ

電源IC(DC/DCコンバータ)



製造年	2007年
チップサイズ	8.0 × 6.4mm
パッド数	463個
配線層	7層
設計ルール	65nm
ロジック部	18Mゲート
SRAM	約2Mビット
フラッシュ	約850Kビット

デジカメの生産台数



デジカメの種類

レンズ一体型

レンズ交換式



小
6.2mm
×
4.6mm

イメージセンサ

大
36mm
×
24mm

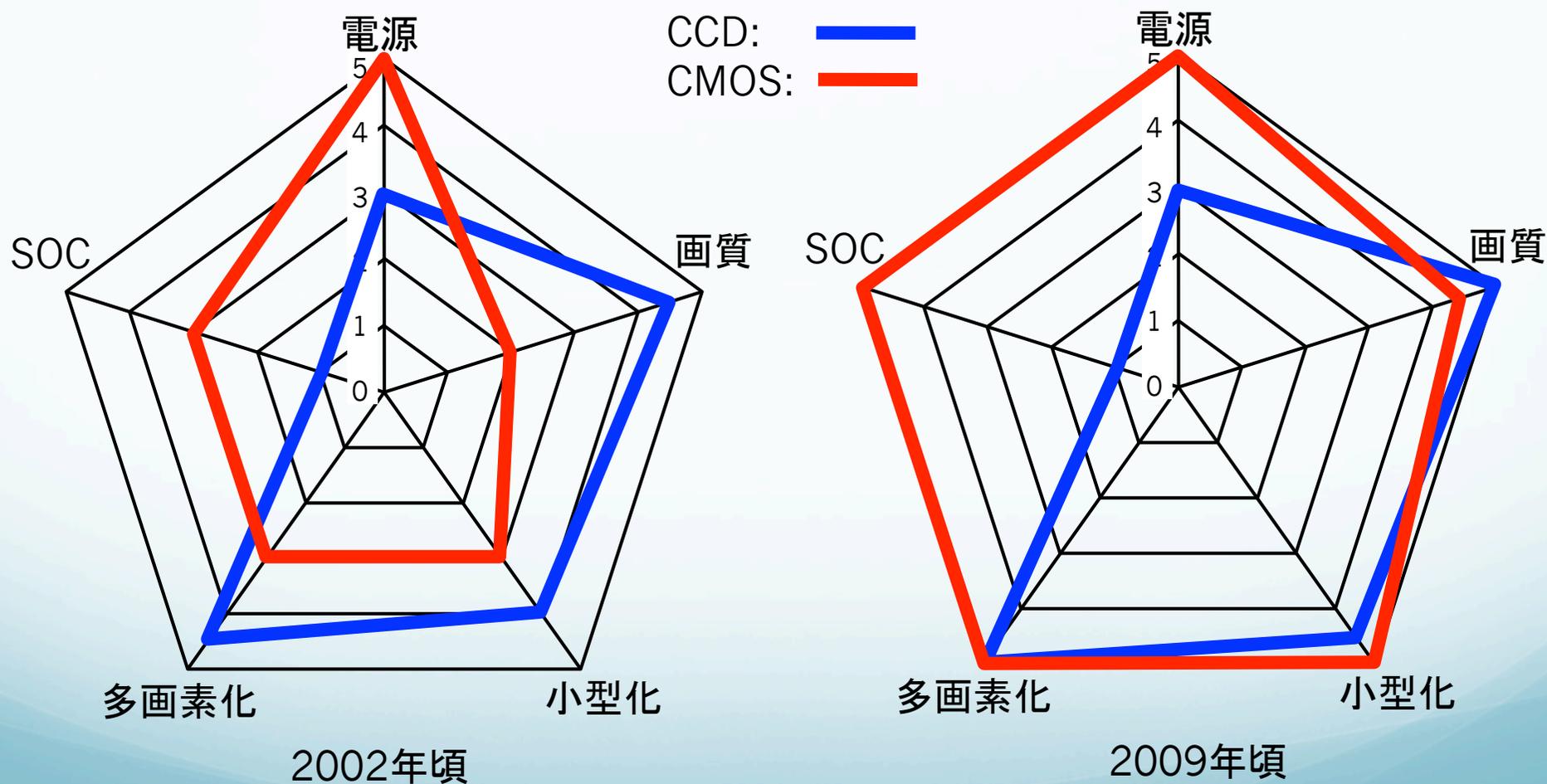
デジカメにおける進歩と変化

	1995年	2000年	2005年	2010年
セット		薄型 コンパクト	一眼 レフ	デジカメ ムービー ミラーレス 一眼
競争軸		画素数	手ぶれ補正	顔検出 コンパクトで 一眼画質
撮像素子	25万画素 CCD	200万	400万 CCD/CMOS	800万 1,000万超 裏面照射型
記録 メディア	フラッシュメモリ 2MB	メモ리카ード 8~64MB	DVD 4GB	メモ리카ード 64GB HDD 240GB



イメージセンサの観点から

CCDセンサとCMOSセンサの比較



デジカメとイメージセンサの 種類別製品数

カメラの種類	イメージセンサの種類	製品数	%
一眼レフ	CMOS	29	11.9
	CCD	4	1.6
ミラーレス一眼	CMOS	12	4.9
レンズ一体型	裏面照射型CMOS	17	7.0
	CMOS	19	7.8
	CCD	127	52.3
デジタルビデオ	裏面照射型CMOS	14	5.8
	CMOS	20	8.2
	CCD	1	0.4

国内10社、韓国1社のWebサイトで主要商品として扱うデジカメ、デジタルビデオ243製品を種類別にカウントした(2011年1月)。

CMOS vs CCD

111 : 132

- 数の上ではCCD製品が54.3%を占める。
- CCD製品はコンパクトデジカメの廉価品が多くを占める。
- 将来的には、CMOSセンサのローコスト化に伴って、特徴あるCCD製品以外は、なくなるのか？

ハイブリッドなコンパクトデジカメ

PC&ネットワーク親和性の 高いデジカメ



フリップビデオ
1/4.5インチCMOS
160万画素

ソニー ブロギー
1/2.5インチCMOS
1300万画素



ビクター メモリカメラ
1/3.2インチCMOS
513万画素

サムソン
ポケットカムコーダー
1/3.2インチCMOS
800万画素



プロジェクター一体型カメラ



ニコン S1000pj
1/2.3インチCCD
1239万画素
10ルーメン

ソニー HDR-PJ40V
1/4インチBSI CMOS
420万画素
10ルーメン



ユニット交換式カメラ



CMOS, 23.6x15.7mm
1230万画素
レンズ: 50mm単焦点



CMOS, 23.6x15.7mm
1230万画素
レンズ: 28mm単焦点



CCD, 1/1.7インチ
1000万画素
レンズ: 24~72mm



BSI CMOS, 1/2.3インチ
1000万画素
レンズ: 28~300mm

3Dカメラ



富士フィルム Real 3D
1/2.3インチCMOS×2
1000万画素×2



パナソニック
TM750+3Dコンバージョンレンズ
1/4.1インチCMOS×3
305万画素×3



ソニー HDR-TD10
1/4.0インチBSI CMOS×2
420万画素×2

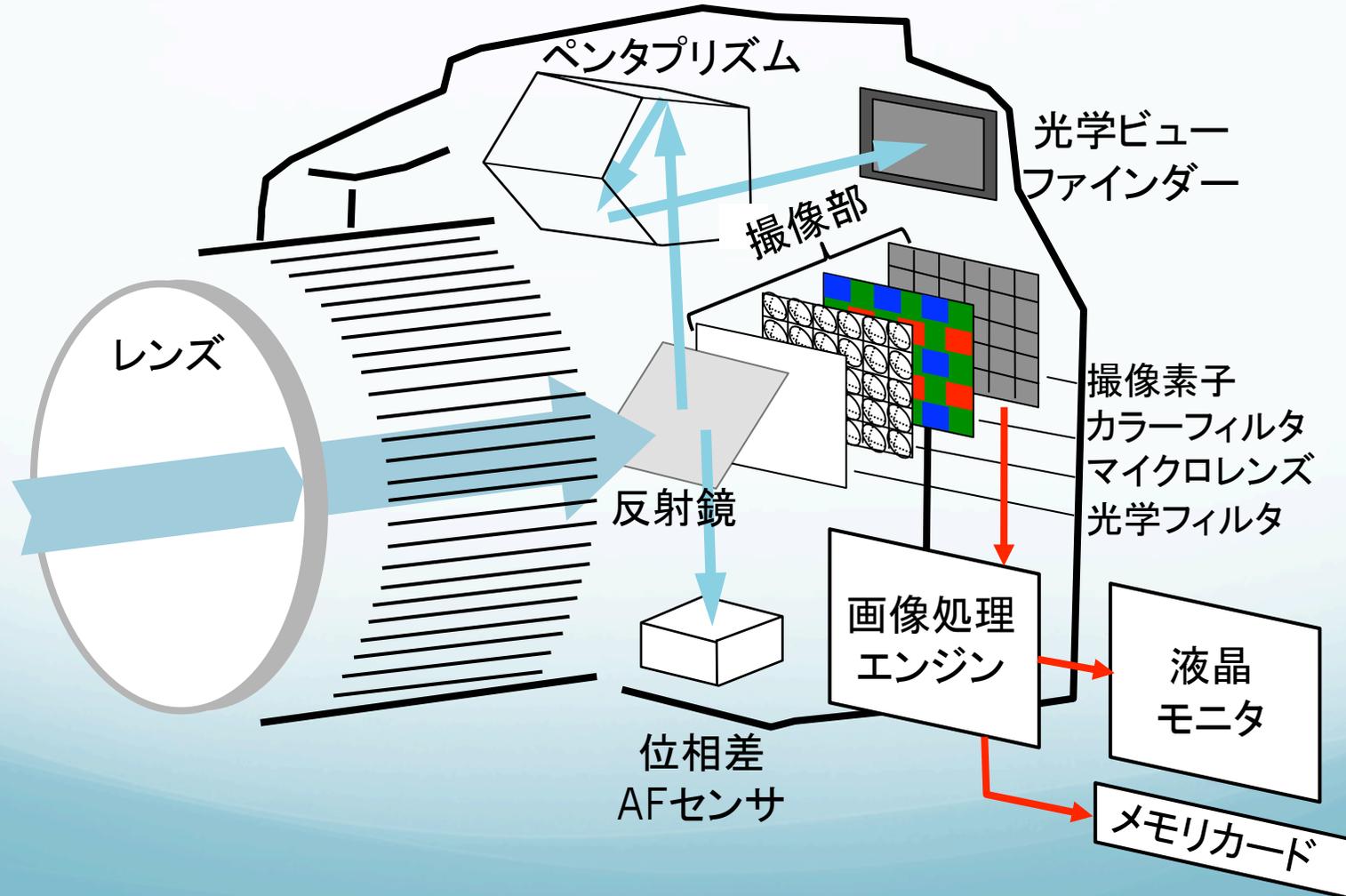
ビクター GS-TD1
1/4.1インチBSI CMOS×2
332万画素×2



デジタルカメラに実用化された 最近の画像処理技術

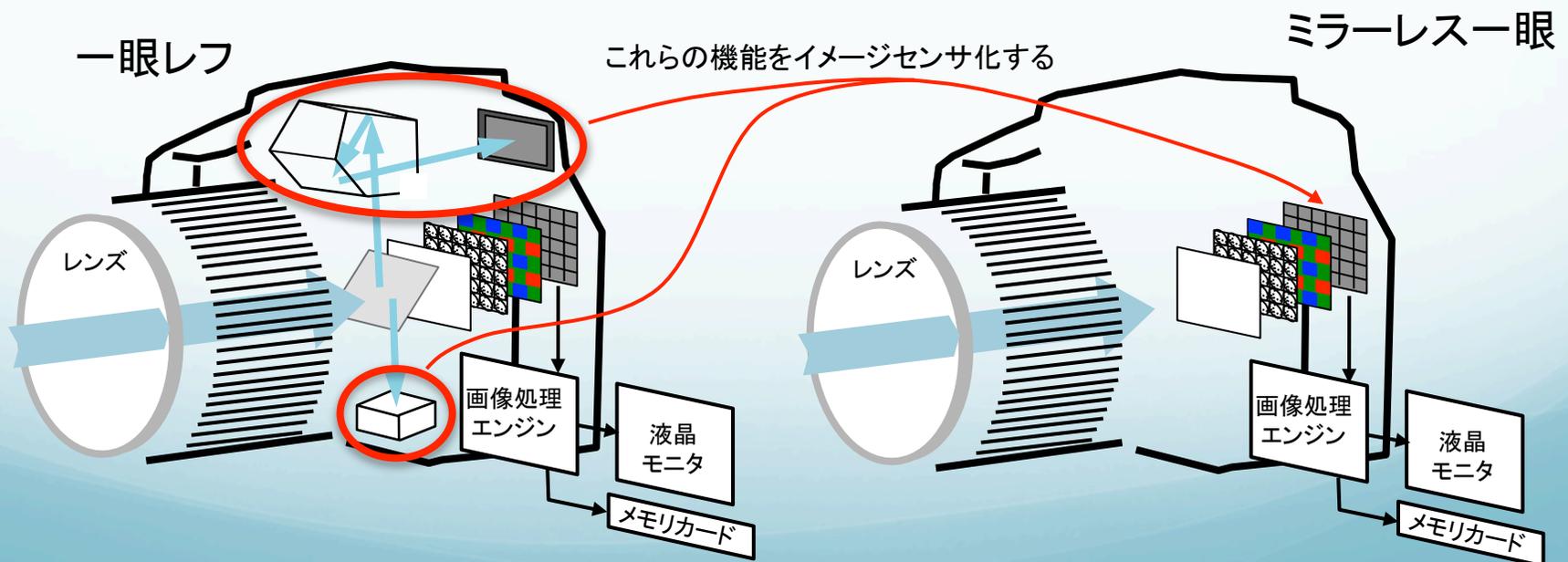
一眼レフのしくみ

特徴: 被写体を直視できる光学ビューファインダー、高速な位相差AF



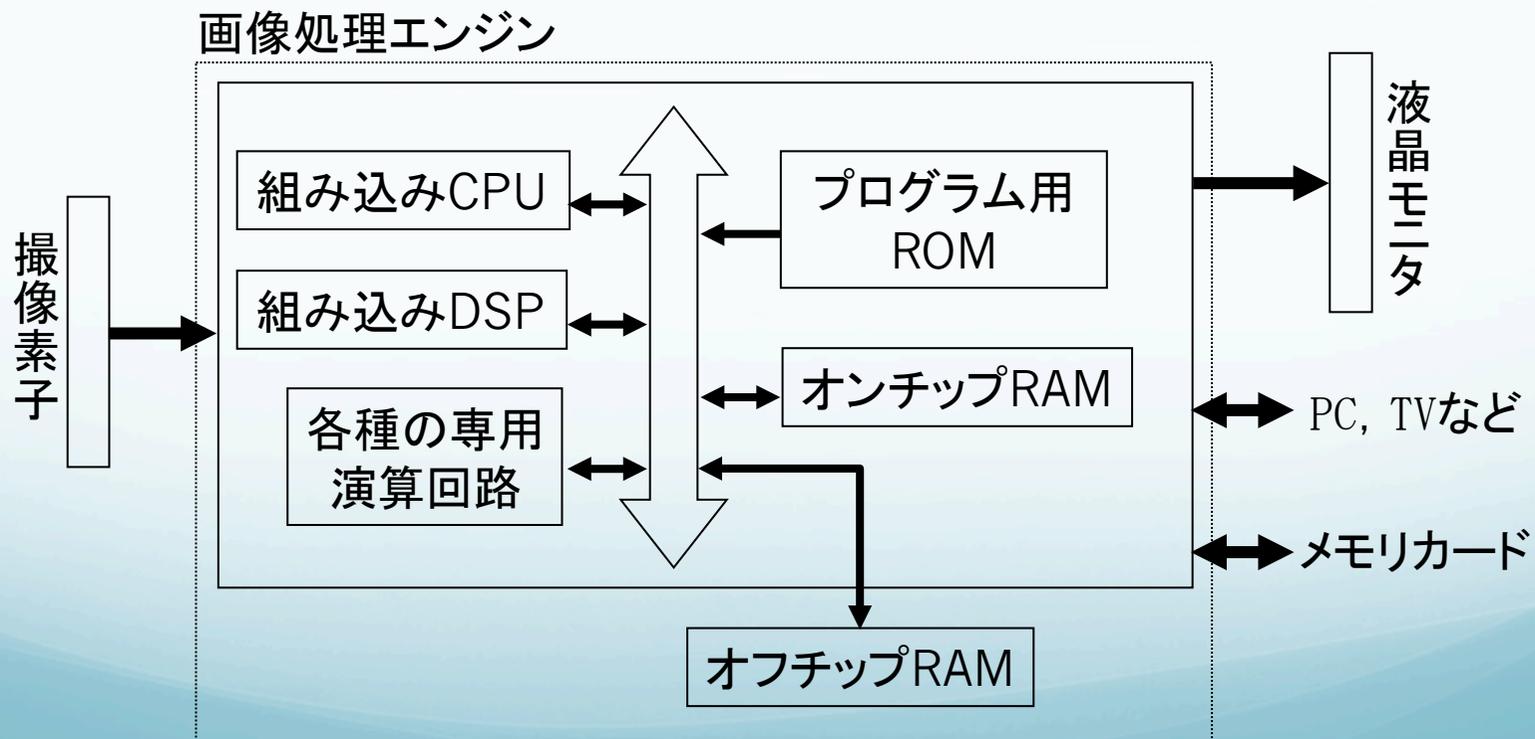
一眼レフとミラーレス一眼の比較

- 一眼レフから、**光学ビューファインダー**と**位相差AF**のための光学系を除いて小型化。位相差を代替する高速AF。
- 撮像素子は、両方式とも、20mm×15mm程度が主流で**基本的な画質はほぼ同等と思われる**。



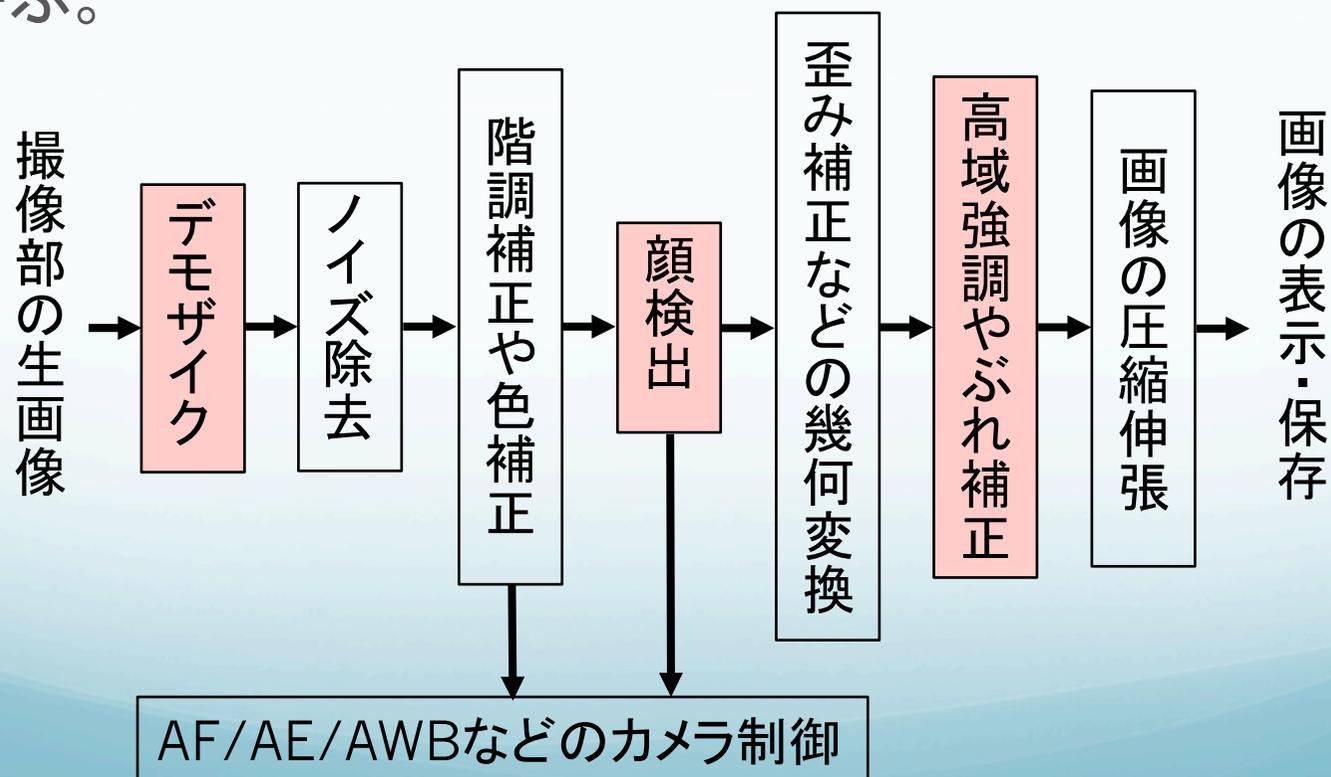
画像処理エンジン

- 撮像素子が出力する生画像を、観察するのに適した画像へ変換する(現像処理)や、記録メディアへ保存するフォーマットに変換するシステムLSIを画像処理エンジンと呼ぶ。



画像処理パイプライン

- 画像処理エンジンでは、下図のように、デモザイクと呼ばれる処理からノイズ除去や階調補正、顔検出、などの画像処理が順次実行される。この様子を**画像処理パイプライン**と呼ぶ。

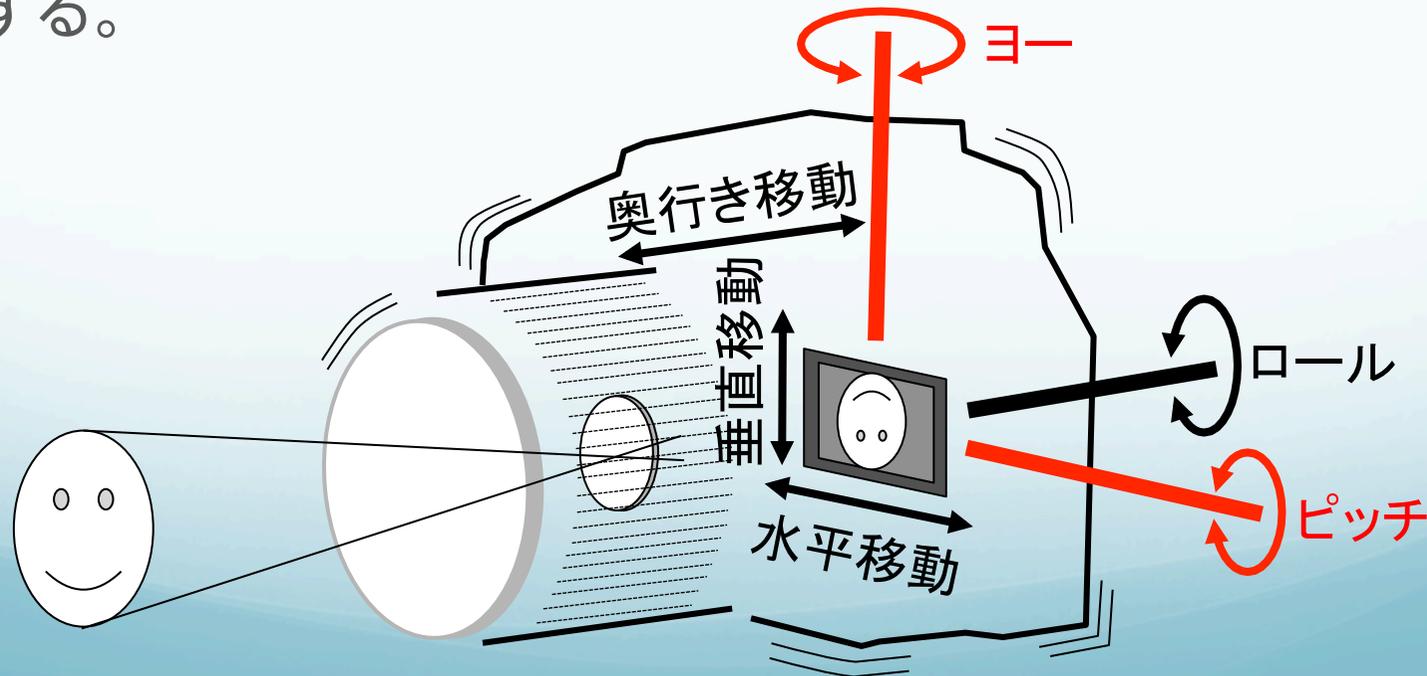


最近のデジカメにみる画像処理機能

- 高度な「顔・人物画像処理」
- オートフォーカスの高速化・高機能化
 - コントラストAFの高速化(パナソニック)
 - 2個のCMOSエリアセンサを用いたパッシブAF(リコー)
- 超解像処理
 - 1枚の画像からの超解像
 - 複数の画像からの超解像
- HDR(High Dynamic Range)画像生成
 - 複数のLDR(Low Dynamic Range)画像の合成
- 電子式手ぶれ補正
 - 時間的に分割して撮影した画像を加算合成する方式
 - 画像復元に基づく方式
 - 長短露光による2画像の合成方式

手ぶれの原因と対策

- 手ぶれによる**カメラの動きは3軸回転と3軸移動**に分解することができ、特に、**ヨー・ピッチ回転の影響が支配的**。
- 光学式補正では、この動きをキャンセルするように撮影系を制御し、電子式ではぶれてしまった像を画像処理で補正する。

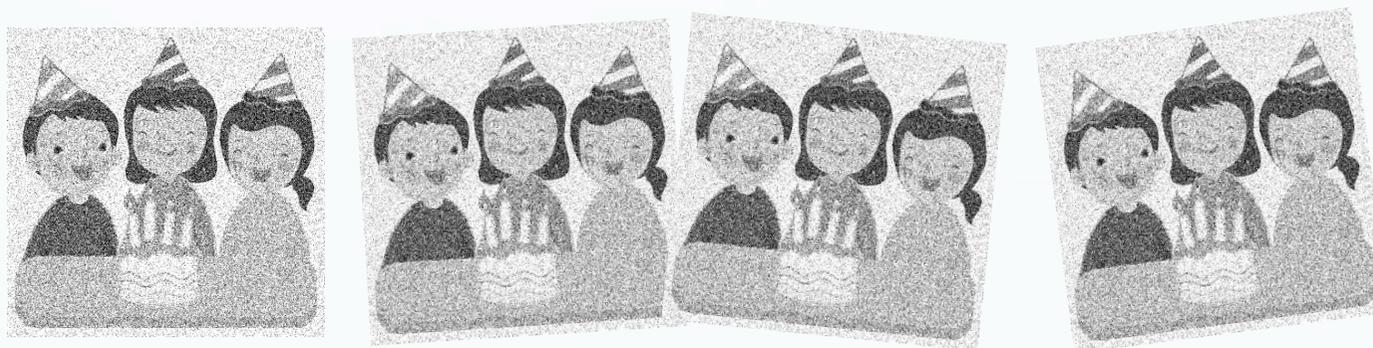


電子式手ぶれ補正

- 動画手ぶれ補正
 - 1990年前後に、ビデオカメラの手ぶれ補正で実用化された。
- 静止画手ぶれ補正
 - 加算合成式
 - 画像復元式
 - 長短露光2画像合成式
 - 携帯電話のカメラ機能や、一部のコンパクトデジカメで実用化されている。
 - 一部には、光学式＋電子式の「ハイブリッド手ぶれ補正」をうたっている製品もある。

電子式静止画手ぶれ補正1

- 加算合成式(補正性能2段程度)



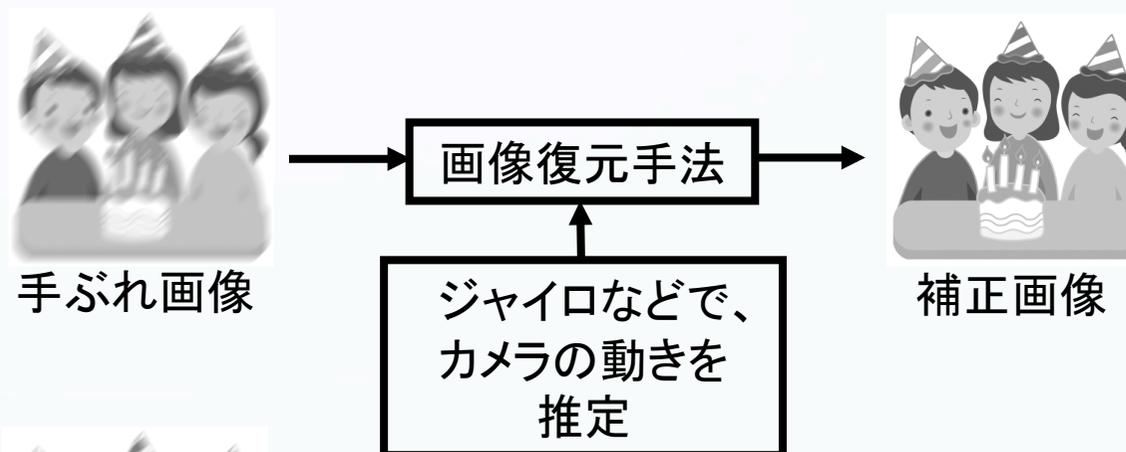
短露光で4枚程度の画像を連射撮影し、ノイズは多いが手ぶれが少ない画像を得る



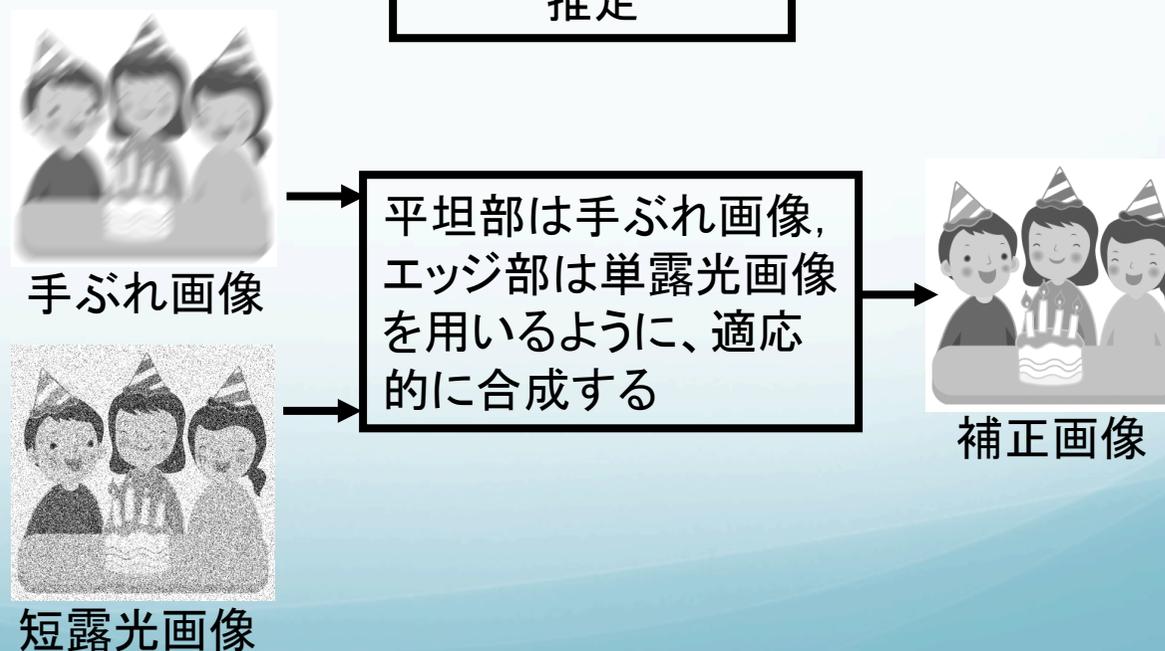
複数画像を位置合わせ・加算合成することで、手ぶれとノイズが少ない画像を得る

電子式静止画手ぶれ補正2

- 画像復元式



- 長短露光
2画像合成式



デジタルカメラ技術の展望

デジタルカメラ技術の傾向

- **全般**: 大きな変化はなく、着実に撮影性能が向上する。
- **ミラーレス**: コンパクトなカメラで、一眼レフ画質を実現した。
- **コンパクト機の高性能化**: 一眼レフ相当の性能を目指す。
- **完全電子式デジカメ**: フォーカスやシャッターのためのメカ部品や光学部品を電子的な手段で代替する方向。
- **デジカメ画像処理による差別化**: 超解像、HDR、ハイブリッド手ぶれ補正、ユーザインタフェース、カメラ制御のさらなる高度化。
- **コミュニケーションツール化**: YouTubeやUstreamなどに(極めて簡単に)接続できるカメラ。
- **従来の写真機能以外に活路を求める**: プロジェクター内蔵や3Dデジカメはニッチ商品にとどまる。

未来のデジカメを予想させる技術

- コンピュータショナルフォトグラフィ
 - ライトフィールドカメラ
 - 符号化露光撮影
 - コンテンツ保存画像処理 (Inpainting、Image Retargeting)
- スマートフォンのカメラアプリ
 - カメラ技術の水平分業化
- 無線ブロードバンドを用いたパーソナル映像配信
 - 次のキラアプリ

コンピューターショナルフォトグラフィ

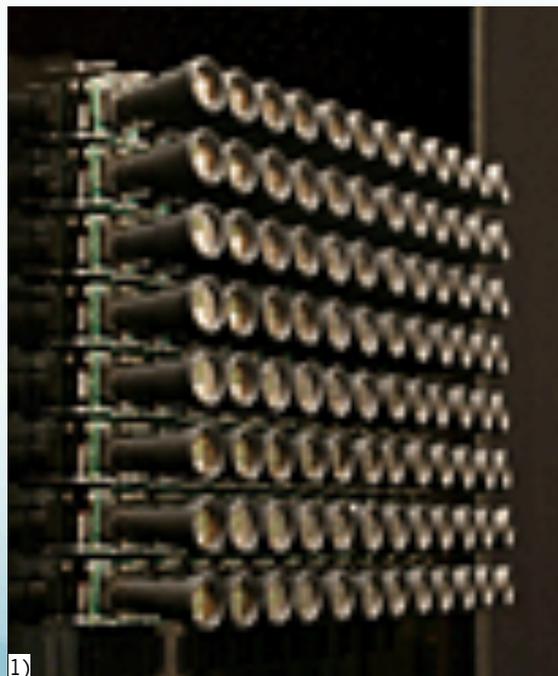
- これまでのデジカメは、レンズが生成する光像を忠実に取り出す装置と言える。
- これに対して、高度で複雑な後処理を前提として、(目的に合わせて)レンズ／撮像系／画像処理を再設計するデジタル写真技術をコンピューターショナルフォトグラフィと呼ぶ。
- その代表的な手法が**ライトフィールドカメラ**と**符号化露光撮影**である。

知られているライトフィールドカメラ

- 2011年6月22日に米国Lytro社 (refocus imaging社が社名を変更) が、ライトフィールドカメラを年内に製品化と発表 (<http://www.itmedia.co.jp/news/articles/1106/23/news099.html>)。
- 2010年にドイツraytrix社が4Dライトフィールドカメラを発売 (<http://www.argocorp.com/cam/special/Raytrix/Raytrix.html>)。
- いずれも、撮影後の後処理によって写真画像の被写界深度を制御可能であることを特徴としている。

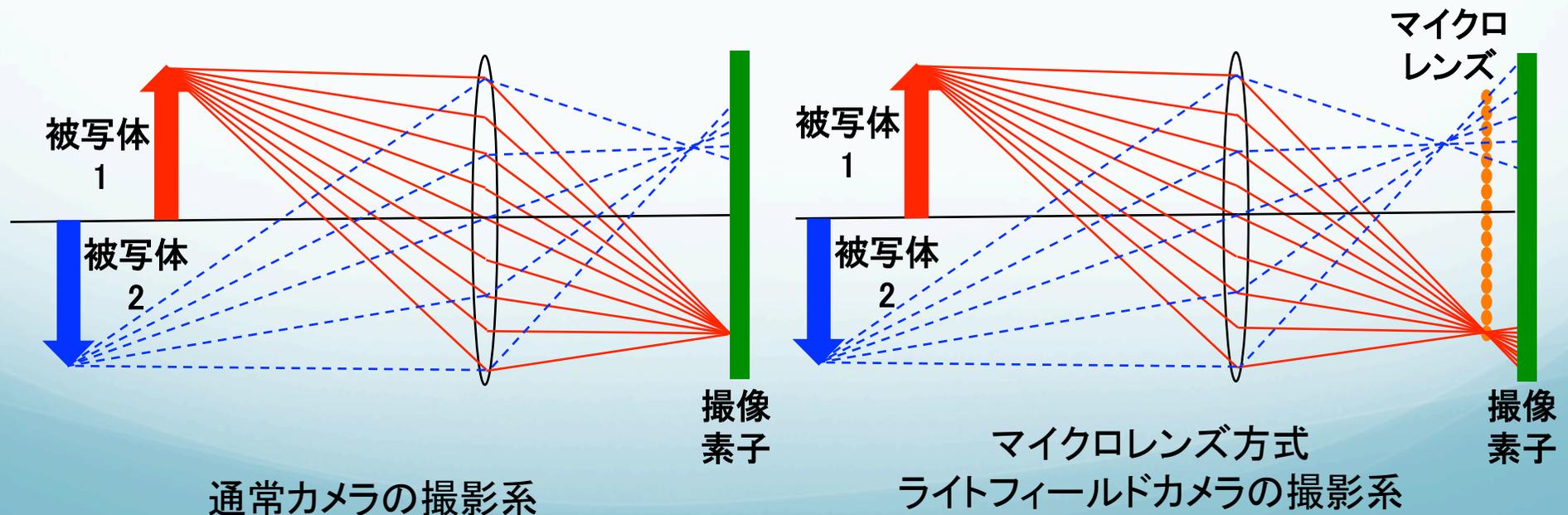
ライトフィールドカメラの原理

- ライトフィールドカメラの一例は、カメラをアレイ状に併置することで、異なる視点の光線を密に取得するもの。
- 被写界深度制御、任意視点画像生成、3次元復元などが可能。



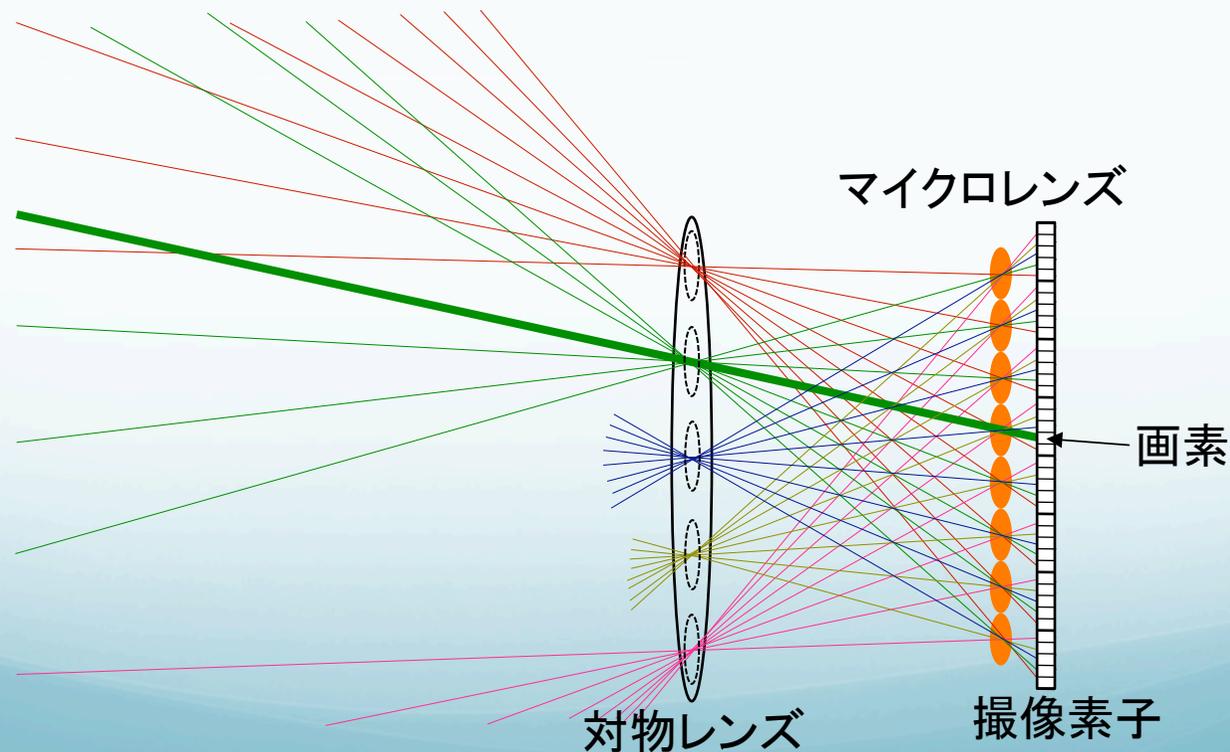
マイクロレンズ方式 ライトフィールドカメラ(1/2)

- カメラアレイの機能を一台のカメラ筐体に格納したもの。
- 通常のカメラの撮像面にマイクロレンズを挿入し、撮像素子をその後部に配置することで、一枚の撮像素子による光線空間のサンプリングが可能になる。



マイクロレンズ方式 ライトフィールドカメラ(2/2)

- 下図のように、撮像素子の各画素は光線方向を記録すると言える。また、小口径レンズを近接配置し、複数の小画像を同時に取得する機能を果たす。したがって、それらの小画像群は被写界深度が深い画像である。



ライトフィールドカメラのメリット

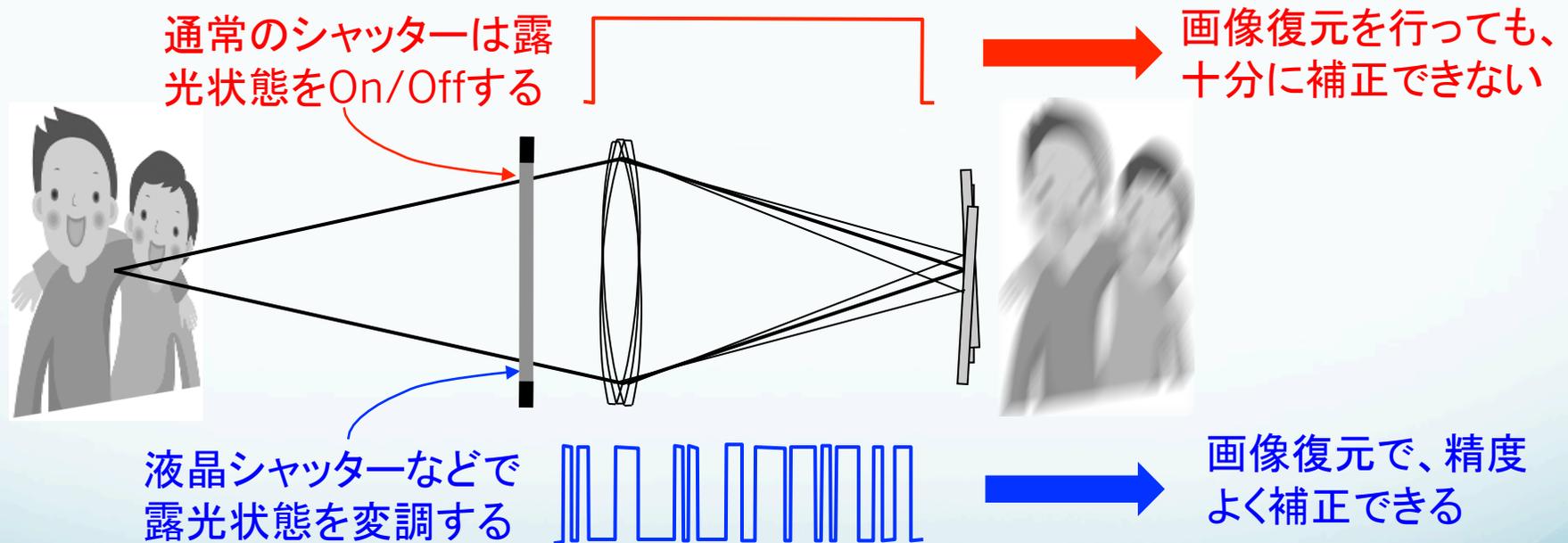
- ライトフィールドカメラは、被写界深度が深い100枚程度の小画像群を取得し、それらを用いてレンズ結像現象をシミュレーションすることで、最終画像を得るカメラ技術である。次のようなメリットが考えられる。
 - 取得される生画像の被写界深度が深いため、撮影時のピントを気にする必要がない。
 - ピントに許容度が大きいので、フォーカスメカが簡易化できる。
 - 絞りがなくなり、開放絞りで撮影するだけになる。
 - 開放絞りで撮影するので、シャッター速度が撮影環境に応じた最高速度になる。したがって、手ぶれが抑えられる。
 - 完全電子式カメラに近づく一つの方法。

ライトフィールドカメラのデメリット

- まだ、初期的な段階のカメラ技術であり、以下のような課題が考えられる。
 - 1枚の撮像素子で、100枚程度の小画像を同時撮影するため、結果画像の解像度が著しく小さくなることが想像される。最悪の場合、1000万画素の撮像素子を用いても、10万画素程度の結果画像になる。
 - ズームや絞りなど、通常のカメラ機能を実装することが難しい。絞りには、レンズの中央付近を用いることでシャープな画像を得る効果もある。ライトフィールドカメラでレンズを絞ることは、取得できる小画像の枚数を減らすことにしかない。
 - マイクロレンズという付加部品が入るため、最も重要な画質面において、一眼クオリティを凌駕することは難しいと思われる。

符号化露光撮影による手ぶれ除去

- 手ぶれ撮影は、ぶれた画像が単純に積算されるため、高周波成分が著しく失われる。



- 符号化露光は、撮影中に、露光状態を変調することで、高周波成分を保存する。

- PhotoShopによるコンテンツを考慮した画像修復のデモ。

スマートフォンのカメラアプリ

- 携帯電話のカメラ機能がスマートフォンのカメラアプリに置き換わる。
- スマートフォンのメーカーはカメラ機能の基本ツールだけを提供し、カメラアプリの開発者が、その基本ツールとOpenCVのような画像処理ライブラリを用いてカメラアプリを提供する。
- 自著「デジカメの画像処理」や「コンテンツ保存画像処理」などの高度な機能がカメラアプリに組み込まれていく。

無線ブロードバンドを用いた パーソナル映像放送

- 映像ストリーミングサービスUstreamが徐々に普及しつつあるが。通常はカメラからインターネットまで有線接続する必要があり、中継場所が制限される。
- WiMAXやLTEの無線ブロードバンドは、電波状態が良い場所であれば数Mbpsの帯域があり、これはVGA動画をリアルタイム配信可能な速度である。
- 将来的に、どのような場所からでも、VGA動画以上の画質で無線映像配信が可能になれば、「パーソナル映像放送」が、カメラの新しいキラーアプリになる。

ご清聴ありがとうございます